



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インクを吐出させるために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を備えた液流路が形成されたインクジェット記録素子と、前記インクジェット記録素子に接合され、前記各液流路に対応する部位にそれぞれ、前記各液流路と連通する複数のオリフィスが形成されたオリフィスプレートとを有するインクジェット記録ヘッドの製造方法において、

前記各オリフィスの最小径に対応する部分と前記各オリフィスの最大径に対応する部分との間での露光の透過率が序々に変化しているような透過率分布をもつグラデーションマスクを用いて、前記オリフィスプレートとなるべき感光性樹脂からなる少なくとも1層の感光性樹脂層を露光処理し、前記オリフィスの側断面の一部が曲線となるように前記各オリフィスを形成する工程を含むことを特徴とするインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項2】 前記透過率分布をもたないマスクを用いて、前記側断面の一部が直線となるように前記感光性樹脂層を露光処理し、前記各オリフィスを形成する工程を含む請求項1に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項3】 金属基板上に、前記感光性樹脂からなる第1の感光性樹脂層を形成する工程と、前記第1の感光性樹脂層上に、少なくとも1層の前記感光性樹脂層を積層して形成する工程とを有する層形成工程を含む請求項1または2に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項4】 撥インク性を呈する材料を含有させて、前記第1の感光性樹脂層を撥インク層とする工程と、前記撥インク層上に、少なくとも2層の前記感光性樹脂層を積層して形成する工程とを含む請求項3に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項5】 前記金属基板として、磁性を有する金属を用いる請求項3または4に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項6】 鉄、あるいはニッケルからなる前記金属基板を用いる請求項5に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項7】 前記金属基板として、シリコンの溶解除去に要する時間よりも短時間で溶解除去可能な金属を用いる請求項3ないし6のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項8】 亜鉛、あるいは錫からなる前記金属基板を用いる請求項3ないし7のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項9】 前記第1の感光性樹脂層を、前記金属基板の鏡面加工された面上に形成する工程を含む請求項3ないし8のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項10】 前記第1の感光性樹脂層を、前記金属

基板の、最大高さ $R_{max}$ が $0.5\mu m$ 以下の表面粗さの面上に形成する工程を含む請求項3ないし8のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項11】 前記金属基板を部分的に溶解除去することで前記オリフィスプレートの保持部を形成する工程を含む請求項3ないし10のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項12】 前記層形成工程で前記感光性樹脂層を順次積層する際、前記感光性樹脂層をブリークする工程と、前記感光性樹脂層を乾燥する工程とが終了してから次の前記感光性樹脂層を積層する工程を含む請求項3ないし11のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項13】 前記各感光性樹脂層のうちの、最後に形成される第2の感光性樹脂層の、前記インクジェット記録素子に接合される面に最大高さ $R_{max}$ が $1\mu m$ 以下の複数の凹凸を形成する工程を含む請求項3ないし12のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項14】 前記インクジェット記録素子に接合する前に、一括して製造された複数の前記オリフィスプレートを個々の前記オリフィスプレートとして切り離す切断工程を含む請求項1ないし13のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項15】 前記インクジェット記録素子に接合した後に、一括して製造された複数の前記オリフィスプレートを個々の前記オリフィスプレートとして切り離す切断工程を含む請求項1ないし13のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項16】 前記切断工程における切り離しにレーザーを用いる請求項14または15に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項17】 インクを吐出させるために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を備えた液流路が形成されたインクジェット記録素子と、前記インクジェット記録素子に接合され、前記各液流路に対応する部位にそれぞれ、前記各液流路と連通する複数のオリフィスが形成されたオリフィスプレートとを有するインクジェット記録ヘッドであって、

請求項1ないし16のいずれか1項のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたものであることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項18】 前記オリフィスの、インクが流入する入口側の直径が、インクが吐出される出口側の直径の1.5倍以上である請求項17に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項19】 前記オリフィスの、インクが流入する入口側の開口面積が、インクが吐出される出口側の開口面積の2.25倍以上である請求項17に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項20】 前記出口側の直径が10 $\mu$ m以下である請求項17ないし19のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項21】 前記入口側の曲率半径が10 $\mu$ m以下である請求項17ないし19のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項22】 前記オリフィスプレートの厚さが20 $\mu$ m以下である請求項17ないし21のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項23】 前記感光性樹脂はエポキシ系樹脂である請求項17ないし22のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項24】 前記感光性樹脂はポリイミド系樹脂である請求項17ないし22のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項25】 前記オリフィスプレートは、前記エネルギー発生素子に電気信号を供給するための開口が形成されている請求項17ないし24のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項26】 インクを吐出させるために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を備えた液流路が形成されたインクジェット記録素子と、前記インクジェット記録素子に接合され、前記各液流路に対応する部位にそれぞれ、前記各液流路と連通する複数のオリフィスが形成されたオリフィスプレートとを有するインクジェット記録ヘッドであって、請求項2ないし16のいずれか1項のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたものであることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項27】 前記側断面が直線である直線部の長さは、前記オリフィスプレートの厚さの1/10～1/2である請求項26に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項28】 インクを吐出させるために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を備えた液流路が形成されたインクジェット記録素子と、前記インクジェット記録素子に接合され、前記各液流路に対応する部位にそれぞれ、前記各液流路と連通する複数のオリフィスが形成されたオリフィスプレートとを有するインクジェット記録ヘッドであって、

請求項4ないし16のいずれか1項のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたものであることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【請求項29】 前記撥インク層の撥インク面が前記オリフィスプレートの、インクが吐出される出口側の面である請求項28に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項30】 前記エネルギー発生素子は、インク吐出用の熱エネルギーを発生する電気熱変換体である請求項17ないし29のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項31】 前記電気熱変換体によって印加される

熱エネルギーにより、インクに生ずる膜沸騰を利用して前記オリフィスからなる吐出口よりインクを吐出させる請求項30に記載のインクジェット記録ヘッド。

【請求項32】 被記録媒体を搬送する搬送手段と、インクを吐出し、前記被記録媒体に記録を行う請求項17ないし31のいずれか1項に記載のインクジェット記録ヘッドを保持し、かつ、前記被記録媒体の搬送方向に対して略直角方向に往復移動する保持手段とを有することを特徴とするインクジェット記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 インクを紙などの被記録媒体に吐出することで画像を記録するインクジェット記録ヘッドの製造方法、インクジェット記録ヘッド、およびインクジェット記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 インクジェットプリント方式は、その原理の一つが米国特許第4723129号に開示されているが、プリンタ製品として1985年くらいからオンデマンド方式で、広く普及しはじめてきた。

【0003】 インクを吐出するインクジェット記録ヘッドは、特開平3-101944号公報や特開平6-8447号公報、あるいは、特開平9-183228号公報に開示されているように、ポリイミド、ポリサルフォン、ニッケル、ステンレスなどで構成されるオリフィスプレートが使用されている。これらの材料を用いるインクジェット記録ヘッドは、レーザ加工やメッキ、打ち抜きなどの手法により吐出口が形成されている。

【0004】 ポリイミドは、フィルム状態にしか形成できないことから、フィルムやプレートとして使用されてきたが、その熱膨張係数がシリコン板の熱膨張係数に対して、両者を接合して使用可能レベルな程度の差であるため、エキシマレーザで加工されることで、オリフィスプレートとしてインクジェット記録ヘッドでは使用されている。

【0005】 ポリサルフォンは、強靱でかなり高い温度までの耐熱性があり、成形樹脂として使用可能であり、さらに、エキシマレーザ加工が可能であることでインクジェット記録ヘッドのオリフィスプレートやオリフィスプレートの構成体として使用されてきた。

【0006】 一方、ニッケルやステンレスは金属であるため、その耐摩耗性は良好である。しかしながら、その性質上微細加工が困難なために、比較的簡単な形状の吐出口程度の形成しかできず、主に、オリフィスプレートとして使用されてきた。さらに、熱膨張係数がシリコンやセラミックスなどより高いため、長さが短いインクジェット記録ヘッドは形成できるが長いインクジェット記録ヘッドでは、熱膨張による変形の影響が無視できなくなり、使用が困難であるという欠点を有している。従来技術の一例としては、ニッケル製のオリフィスプレート

をメッキで形成し、インクに腐食されないように金メッキしたオリフィスプレートを用いたインクジェット記録ヘッドが特開平8-58094号公報に開示されている。

【0007】これらのオリフィスプレートは、10p1程度のインクジェットの液滴を吐出するレベルの画像であれば問題は特に発生しなかった。このレベルの画像品位としては若干、粗い写真調の画像品位であり、肉眼では30cm程度プリント画像から目を離せばほとんどインクジェットの液滴の粒子（プリントされた1ドット）は確認できないレベルのものであった。

【0008】しかしながら、さらに、高品位の写真調の画像をプリントしようとする、そのインクジェットの液滴の大きさを3p1、もしくは、2p1以下の液滴の体積とせざるをえない状況となってきた。

【0009】これは、液滴の体積はその液滴の半径の3乗に比例するために、インクジェットでのプリント粒子（プリントドット）の大きさを半分にするためには、体積を1/3乗にする必要があるためである。

【0010】人間の肉眼では、直径約45～48μmの大きさ以下のドットは認識できないものである。一方、インクジェットの液滴で8～10p1程度で、インクジェットのプリント粒子の大きさは直径50～60μm程度となる。従って、4p1程度にすれば、人間の目の認識範囲以下となる。

【0011】しかし、色調は一般にY（黄色）、M（マゼンタ）、C（シアン）の組み合わせで形成されるために、これらのインクジェットのプリント粒子の組み合わせにより、1ドットが形成される。そこで、この色のドットの組み合わせで、直径約45～48μmの大きさ以下のドットの大きさとする必要が生じてくるのである。基本的には、ドットは30%以上程度重ね合わせるように配置しているために、1ドットの大きさを直径30μm以下にすれば、ほぼ、人間の肉眼認識範囲未満となり、滑らかな、粒状感のない高品位の写真調画像となる。一般に銀塩写真の粒子は3000dpiといわれ、直径10μm程度である。したがってこのレベルまでは達せずとも、おおよそ1ドットの大きさを直径30μm程度以下にすればよい。

【0012】ところが、1ドットの大きさを直径30μm程度にするには、インクジェットの液滴の体積は2～3p1となってしまう。このように、超微少な液滴をインクジェット吐出することは大変困難である。その理由は、液滴の体積が非常に小さいために、インクジェットのオリフィスプレートの吐出口の直径を10μm以下とし、曲線と直線がなだらかに連続した形状の吐出口を形成するのが困難なことから、インクジェットの吐出における着弾精度を向上させることが困難なためである。

【0013】着弾精度を向上させるために、特開平11-997号公報では、図9に示すように、インクジェッ

トの吐出口203の直線部214を記録媒体と垂直にし、かつ、その直線部214の長さの比率を吐出口203の直径の20～80%として、インクの吐出飛翔方向の変化をもたせている例が開示されている。この公報によると、直線部214が形成されることで、インクの吐出方向の流抵抗が減少し、直線部214を流れるインクの吐出速度が向上し、曲線部分213を流れるインクより速いために、出口でインクの飛出し方向のベクトルが曲がり、吐出方向の制御が可能な旨が記載されている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平11-997号公報では、インクジェットの加熱時間を制御することで、インク液滴を大小に可変させることができることにより、30p1程度の液滴や8p1の液滴を吐出制御できる旨の記載があるが、吐出口203の形状の形成方法についての記載は一切見られない。また、この事例では直線部212と曲線部214はある角度を持った屈曲点213を形成して接続している。この屈曲点213があるとインクジェットの吐出の際に流れのよどみや乱流を発生し、良好な吐出が形成されないことが確認されている。ましてや、曲線部214と直線部213とが円滑に連続している3p1や2p1程度の吐出量に対応する吐出口203や、その形成方法の技術に関する記載は全く見られない。

【0015】つまり、従来技術の問題点としては、インクジェットの液滴が2～3p1となると、吐出口の直径が10μm以下に形状の各吐出口におけるバラツキを少なくして形成する必要が生じるが、このような微細な加工を行うことがかなり困難であるという点が挙げられる。

【0016】さらに、インクジェットの液滴の大きさが2～3p1となると、液滴の飛翔速度が低くなり、また、飛翔中の空間の空気の抵抗や流れの影響を受けてインクジェット液滴の飛翔方向がゆらぎ、紙などの媒体への着弾精度がズレて、画像品位を低下させることがある。また、吐出口の大きさが小さくなると、インクジェット吐出機能部の中心と吐出口の中心の位置精度がずれ易く、インクジェット吐出の方向のズレを生じてしまう場合もある。

【0017】インクジェット吐出の方向のズレをなくするために、オリフィスプレートに形成される吐出口の形状は、特開平8-58094号公報に開示されるように、なだらかな曲線の断面を持つように形成されているものもある。これは、インクジェット吐出での液滴の飛翔方向を安定させる一つの手法であり、ノードルホーン構造として、縦波振動伝播を利用する機構には広く採用されているものである。ノードルホーン構造は、とくに、超音波溶着機のホーンやスピーカーのコーンなどに採用されている。

【0018】しかしながら、厚さ10～30μm程度の

オリフィスプレートにおいて、吐出口の出口から10  $\mu$ m程度が円筒形でその先は、2次曲線を引くように断面が広がるよう形状のオリフィスを形成することはほとんど不可能である。つまり、従来のメッキや打ち抜き加工では、直線的な断面を有する円筒形の吐出口の部分は、オリフィスプレートの厚さの1/10程度しか形成できず、ましてや、打ち抜き加工により、直径10  $\mu$ m以下の吐出口を形成することはまず不可能である。また、レーザ加工では、直線的になり過ぎて、ノードルの部分が形成できない。

【0019】そこで本発明は、非常に小さなインク滴の吐出が可能で、かつ、その吐出方向が安定することでインク滴の着弾精度を向上させることが可能なインクジェット記録ヘッドの製造方法、インクジェット記録ヘッド、およびインクジェット記録装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】そこで、発明者らは、このような従来技術の問題点を解決するために、以下のような手段を見出した。

【0021】吐出口の形成は、ポリイミド系やエポキシ系などの樹脂のフィルムを溶媒樹脂と一緒に塗工後プリベークと感光露光などのフォトリソグラフィ工程で形成する手段を用いて円筒形のオリフィスを形成することとした。また、感光露光に際して、露光光の透過率が均一でなく、徐々に透過率が変化する、いわゆるグラデーションの形成されたマスクを用いて露光感光し、インクの入口側をなだらかなノードル形状に加工する方法を採用することとした。このようにグラデーションの形成されたマスクを用いて加工すれば、直径10  $\mu$ m程度以下の吐出口においてもインクジェットのインクの入口側をノードル形状に形成することは可能である。さらに、インクジェット吐出オリフィスが直径1  $\mu$ m程度までも形成可能である。

【0022】その後、金属などの保持基板を酸などの溶液でエッチングすれば、ノードルホーン形状をした吐出口を持つオリフィスプレートを形成できる。

【0023】この方法で形成された吐出口の特徴は、グラデーションのパターンの形状により、その断面は任意の曲線にほぼ形成可能である。この曲線部を、インクジェット吐出オリフィスの深さの1/10～1/3程度のほぼ真っ直ぐな円筒形の部分に連続させて形成することも可能である。

【0024】このような方法にて形成した吐出口は、ノードル形状の曲線部分と直線形状の部分が連続的に形成できるので、インクの吐出時のインクジェット吐出の塑性波の進行方向が連続的であり、直線部分を持つことで、塑性波の進行方向が確実に一定化される特徴を有する。

【0025】特に、インクジェット吐出を引き起こすイ

ンクジェット塑性波の中心と、吐出口の中心が位置的なズレを生じている場合、以下のようなメカニズムにおいて、吐出方向の一定化が実現される。

【0026】すなわち、インクジェット吐出を誘引する泡の発泡現象は、発泡の中心がズレた場合、このズレた位置を中心に泡の拡大が起こり、この瞬間的な拡大によりインクが加速されてインクジェットとなってインクを吐出するのであるが、インクジェットの吐出方向に壁もしくは障害物がある場合には、その障害物の距離に反比例して抵抗を受ける。この抵抗が大きければ、その方向への泡の拡大は阻害され、別方向への泡の拡大となる。次に、泡の拡大により動き出したインクは、今度はその障害物からの粘性抵抗を受ける。この粘性抵抗の大きさは壁や障害物との距離に反比例する。

【0027】したがって、泡とインクの界面付近にあるインクは、壁や障害物から、距離の2乗に反比例した力を受け続けることとなる。壁の面が曲線を描いている場合、壁からの距離はある特定点からは、2乗以上の高次の関数に反比例する抵抗を受ける。よって、インクの運動は、発泡における瞬間的な爆発発泡力と、壁からの抗力の位置的時間的な変化とによって規定されることとなる。

【0028】したがって、泡の拡大方向は、吐出液室の最も抵抗の低い吐出口の中心部分へ向って、時間の関数でいえば、4次曲線的に収束されることとなり、インクジェットの塑性波が吐出口の中心へと向うわけである。この吐出口の中心へと向ったインクジェットの塑性波が、吐出口の出口付近で壁面の直線部分が長いと直線方向へとベクトルを収束され、インクの吐出方向と一致することとなる。このようにして、たとえ発泡の泡の中心がなんらかの理由により、液室の中心よりもズレたとしても、出口付近では完全な1方向へ収束されたインクジェットの流れとなるのである。

【0029】よって、例えば2 p lのインク液滴であれば、吐出口の直径が8  $\mu$ mの場合、約40  $\mu$ mの長さの液柱となって、ベクトルをそろえることが可能となる。しかしながら、直径が20  $\mu$ mの吐出口であれば、その長さは6.5  $\mu$ m程度となり、ほとんど平板柱状態であり、ベクトルはそろえられない。このように、インクジェットの吐出方向を安定させるには、吐出された液柱の長さを液柱の底面の長さの2倍以上にすることが望まれる。

【0030】ところで、上述のオリフィスプレート形成方法を行うにあたり、新たな問題点が確認された。それは、以下に掲げる6つの問題点である。

- ①オリフィスのエッチングで直線部分を形成しにくい点
- ②オリフィスプレートの基板プレートをエッチングで除去すると、オリフィスプレートが残留応力によりカール状に反り、正確な接合が困難な点
- ③オリフィスプレートの基板をエッチング除去するのに

シリコン基板を基板として用いると、エッチングに時間がかかり工数が増加し、かつ、基板が高価であり経済的に効率が悪い点

④オリフィスプレートが極端に薄いために、取り扱いが非常に不便で、簡単に破れたり、亀裂が入って取り扱いにくい点

⑤インクジェット吐出手段と接合した時点の接合強度が弱く、剥離しやすい点

⑥インクジェット吐出手段の外部電気接点を取り難い点の以上6つの問題点である。

【0031】これらの問題点の解決手段や方法について、順次説明していく。

【0032】①：直線部分を形成するには、グラデーションの形成されていないマスクで露光を行い、次に、グラデーションの形成されたマスクで露光を行うこと、および、その露光時間や露光強度を変えることで、直線部分と曲線部分を形成することが可能である。

【0033】グラデーションマスクは、露光光線の波長以下のドットを形成することで、なだらかな露光減衰曲線を得て、オリフィスの断面の曲線状態を得ることが可能である。

【0034】②：オリフィスプレートの反りの原因は、塗工した感光性樹脂の厚さが $10\mu\text{m}$ 以上と厚いために、溶媒の飛散、除去の度合いが基板面近傍と表層面とは異なること、および、基板と感光性樹脂の熱膨張係数が大きくことなることが主因であることが確認された。そこで、感光性樹脂の塗工を1回で $10\mu\text{m}$ 以上行うのでは無く、厚さ $5\mu\text{m}$ 程度に複数回分けて行うこととした。

【0035】塗工を $5\mu\text{m}$ 程度行い、プリベークを実施し、次に、塗工とプリベークを行うというように、複数回に分けて溶媒を飛散させることとした。さらに、シリコン基板の上に感光性樹脂を塗工、プリベーク露光、現像、キュアなどを行いオリフィスプレートを形成したのちに、基板を溶解除去するとそれでも僅かながらの反りが発生した。これは、キュア温度が $180^\circ\text{C}$ 以上と高く、この段階で最終的に感光性樹脂の分子結合が形成されるわけであるが、室温に戻る段階で表層部はほぼ自由に熱収縮可能であるのに対し、基板近傍部はシリコン基板とほぼ仮接合しているために自由に収縮不可能である。そこで、感光性樹脂とはほぼ熱膨張係数が同じ金属類で塗工基板を形成する手段を採用した。その結果、鉄やニッケル、銅などではそのオリフィスプレートの反りはかなり低減されほとんど平坦状態となった。

【0036】③：シリコン基板は、酸には不働体膜を形成し良好に溶解しない。また、シリコン基板は、HF（フッ酸）には溶けるが、感光樹脂膜まで損傷をうけてしまう。さらに、アルカリには溶解するが、かなりの溶解時間を必要とし、 $60^\circ\text{C}$ 、 $5\sim 10$ 質量%程度のNaOHの強アルカリ液でも、40時間程度必要である。そ

こで、鉄や銅ニッケル、錫などの酸に溶解しやすい金属を基板として用い、この金属基板を溶解することとした。その結果、希塩酸、希硫酸、あるいは、これらの有機酸との混合酸により、室温付近でわずか4時間程度で基板を溶解除去することが可能であった。また、シリコン基板は高価であるが、これらの一般金属板は廉価であり、経済的にも有利である。

【0037】④：オリフィスプレートは厚さが $10\mu\text{m}$ 程度、厚くても $30\mu\text{m}$ 程度の厚さしかないので、撓みやすく、かつ、破れやすいため、取り扱いが困難であり、インクジェット吐出手段との接合時においても、良好に位置合わせを行う必要があるが、この位置合わせも困難である。

【0038】そこで、基板の溶解除去において、部分的に溶解阻止膜を形成し、格子状に基板を残すことで、残留基板をオリフィスプレートの取り扱いのための保持基板とすることとした。その結果、この剛性の高い基板を吸着や吸引で保持して取り扱うこととなり、インクジェット吐出手段と良好な接合を行うことが可能となった。特に、ニッケルや鉄板は磁気に反応するために、磁気吸着搬送が可能で、取り扱いが非常に簡便となった。

【0039】⑤：オリフィスプレートは、スピンコートにて形成されるためにオリフィスを除く部分は平坦で平面で極端に言えば鏡面である。この状態のものを、厚さ $1\sim 2\mu\text{m}$ 程度の接着剤を介して、インクジェット吐出手段に接合しても、ある程度の接合強度は得られるが、部分的に剥離する場合がある。こうなると、インクジェット吐出の瞬間に剥離部分が僅かに盛り上がり、インクジェット吐出に支障をきたす。そこで、スピンコートの面に $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下の僅かな凹凸を形成することとした。このようにした結果、接着剤がこの凹凸の部分に侵入し、接合面を増やすことと、掛かり分を形成するアンカー効果により、接合強度を向上させることが可能となった。

【0040】この方法には、プリベークした後、もしくは、露光後、あるいは、現像後でまだ感光樹脂が完全に結合硬化していない段階で $0.3\sim 0.5\mu\text{m}$ 以下程度の凹凸のある金属ロールを軽く押し当て、凹凸を微妙に形成することとした。もっとも、形成容易であったのは、プリベークと露光後であった。また、別の方法としては、マスクに、 $2\sim 3\mu\text{m}$ 程度の円、あるいは、多角形を無数に形成し、露光を制限することで、凹凸を形成することも可能である。あるいは、感光性樹脂と同等な材質の粒径 $0.3\mu\text{m}$ 以下程度の粉末を溶媒に1%程度溶かし、これを、プリベーク膜の上にスプレーコート、もしくは、スピンコート乾燥することでも可能である。この処理は露光後、行ってもよい。ただし、現像後行うのは好ましいものではない。

【0041】⑥：インクジェット吐出手段を駆動させるには、駆動信号や電力を供給する手段をインクジェット

吐出手段に電氣的に接合する必要がある。しかしながら、その接合領域は、インクジェット吐出手段のある規定された面に固定される。というのは、吐出手段はシリコン基板の上に形成された電気回路と発熱抵抗体やその保護膜で形成されているので、これを使用するには大きな一枚のシリコンウェハから4面を切断して切り出すことで使用されることとなる。そうすると、シリコンウェハの内部を縦方向へ貫通して電気接点形成されているわけではないので、電気接合領域はインクジェット吐出手段の形成された面に形成せざるを得ない。そこで、電気信号接点を形成するために、オリフィスプレートに開口部を設けて、電気信号接点を形成するようにした。

【0042】以上の点を考慮した本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法、前記インクジェット記録ヘッド、およびインクジェット記録装置を以下に記す。

【0043】すなわち、本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法は、インクを吐出させるために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を備えた液流路が形成されたインクジェット記録素子と、前記インクジェット記録素子に接合され、前記各液流路に対応する部位にそれぞれ、前記各液流路と連通する複数のオリフィスが形成されたオリフィスプレートとを有するインクジェット記録ヘッドの製造方法において、前記各オリフィスの最小径に対応する部分と前記各オリフィスの最大径に対応する部分との間での露光光の透過率が徐々に変化しているような透過率分布をもつグラデーションマスクを用いて、前記オリフィスプレートとなるべき感光性樹脂からなる少なくとも1層の感光性樹脂層を露光処理し、前記オリフィスの側断面の一部が曲線となるように前記各オリフィスを形成する工程を含むことを特徴とする。

【0044】上記のとおりの本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法は、透過率分布をもつグラデーションマスクを用いて、オリフィスの側断面の一部が曲線となるようにオリフィスを形成する工程を含む。つまり、例えば、ポジ型のグラデーションマスクの場合、オリフィスの最小径に対応する部分からオリフィスの最大径に対応する部分に向かって露光光の透過率が徐々に低くなるようにすることで、感光性樹脂の厚さ方向の露光量がオリフィスの最小径の部分からオリフィスの最大径の部分に向かって小さくなるため、オリフィスの側断面の一部が曲線形状に形成される。そして、このような露光処理を用いた加工により、オリフィスの、インクの出口側の直径が10 $\mu$ m程度以下のものにおいても、入口側を、インクの吐出時のインクジェット吐出の塑性波の進行方向を連続的とすることができるとなるならかな曲線のノード形状に加工することが可能となる。

【0045】また、透過率分布をもたないマスクを用いて、側断面の一部が直線となるように感光性樹脂層を露光し、各オリフィスを形成する工程を含むものであって

もよい。この場合、吐出口の中心へと向ったインクジェットの塑性波のベクトルと、インクの吐出方向とを一致させるための直線部分を形成できるため、インクの着弾精度をさらに向上させることができる。

【0046】また、金属基板上に、感光性樹脂からなる第1の感光性樹脂層を形成する工程と、第1の感光性樹脂層上に、少なくとも1層の感光性樹脂層を積層して形成する工程とを有する層形成工程を含むものであってもよい。この場合、最終的に感光性樹脂の分子結合を形成させるために行われるキュアの際のキュア温度から室温に戻る段階での、金属基板に接触していない感光性樹脂層の解放面側と、金属基板に仮接合されている第1の感光性樹脂層の仮接合面側との熱収縮の度合いを略等しくすることができるため、形成されたオリフィスプレートのカール状の反りを低減させて略平坦なオリフィスプレートを形成することができる。

【0.0.4.7】また、撥インク性を呈する材料を含有させて、第1の感光性樹脂層を撥インク層とする工程と、撥インク層上に、少なくとも2層の感光性樹脂層を積層して形成する工程とを含むものであってもよい。この場合、撥インク性の第1の感光性樹脂層をインクジェット吐出側の面とすることで、連続してインクジェット吐出を行う場合において、インクのミストの付着によるインクジェット吐出方向の変動やバラツキを回避することが可能となる。

【0048】また、本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法は、金属基板として、磁性を有する金属を用いるものであってもよく、鉄、あるいはニッケルからなる金属基板を用いるものであってもよい。この場合、保持基板としてとして用いられる金属基板に銅やニッケルなどの一般金属を用いるため、保持基板の除去の高速化や、基板自体のコストの面からも経済的に非常に有利で、生産性も高くなる。

【0049】また、金属基板として、シリコンの溶解除去に要する時間よりも短時間で溶解除去可能な金属を用いるものであってもよいし、亜鉛、あるいは錫からなる前記金属基板を用いるものであってもよい。

【0050】また、第1の感光性樹脂層を、金属基板の鏡面加工された面上に形成する工程を含むものであってもよい。

【0051】また、第1の感光性樹脂層を、金属基板の、最大高さ $R_{max}$ が0.5 $\mu$ m以下の表面粗さの面上に形成する工程を含むものであってもよい。

【0052】また、金属基板を部分的に溶解除去することでオリフィスプレートの保持部を形成する工程を含むものであってもよい。この場合、例えば、格子状に金属基板を残すことで、剛性の高い基板を吸着や吸引で保持して取り扱うこととなり、インクジェット記録素子と良好な接合を行うことが可能となった。特に、ニッケルや鉄板は磁気に反応するために、磁気吸着搬送が可能で、

取り扱いが非常に簡便となる。鉄やニッケルの合金であって、強磁性を有しており、磁氣的に吸着、搬送移動できるものであれば、前記基板は何でも良い。

【0053】また、層形成工程で感光性樹脂層を順次積層する際、感光性樹脂層をブリークする工程と、感光性樹脂層を乾燥する工程とが終了してから次の感光性樹脂層を積層する工程を含むものであってもよい。

【0054】また、各感光性樹脂層のうちの、最後に形成される第2の感光性樹脂層の、インクジェット記録素子に接合される面に最大高さ $R_{max}$ が $1\mu m$ 以下の複数の凹凸を形成する工程を含むものであってもよい。この場合、接着剤がこの凹凸の部分に侵入し、接合面を増やすことと、掛かり分を形成するアンカー効果により、接合強度を向上させることが可能となった。

【0055】また、本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法は、インクジェット記録素子に接合する前に、一括して製造された複数のオリフィスプレートと個々のオリフィスプレートとして切り離す切断工程を含むものであってもよいし、あるいは、インクジェット記録素子に接合した後に、一括して製造された複数のオリフィスプレートを個々のオリフィスプレートとして切り離す切断工程を含むものであってもよく、この切断工程における切り離しにレーザを用いるものであってもよい。

【0056】本発明のインクジェット記録ヘッドは、インクを吐出させるために利用されるエネルギーを発生するエネルギー発生素子を備えた液流路が形成されたインクジェット記録素子と、前記インクジェット記録素子に接合され、前記各液流路に対応する部位にそれぞれ、前記各液流路と連通する複数のオリフィスが形成されたオリフィスプレートとを有するインクジェット記録ヘッドであって、本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたものであることを特徴とする。

【0057】上記の通り、本発明のインクジェット記録ヘッドは本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されているため、オリフィスのインクの入口側がなだらかな曲線のノードル形状で、出口側の直径が $10\mu m$ 程度以下、さらには直径 $1\mu m$ 程度のオリフィスを有する。このため、インクの吐出時のインクジェット吐出の塑性波の進行方向が連続的となる。また、オリフィスが曲線部に加えて直線部を有する場合、塑性波の進行方向が確実に一定化され、液滴の飛翔方向を安定させることができる。

【0058】また、オリフィスの、インクが流入する入口側の直径が、インクが吐出される出口側の直径の1.5倍以上であってもよいし、オリフィスの、インクが流入する入口側の開口面積が、インクが吐出される出口側の開口面積の2.25倍以上であってもよいし、さらには、出口側の直径が $10\mu m$ 以下であってもよいし、また、入口側の曲率半径が $10\mu m$ 以下であってもよいし、オリフィスプレートの厚さが $20\mu m$ 以下であって

もよい。

【0059】また、感光性樹脂はエポキシ系樹脂であってもよいし、ポリイミド系樹脂であってもよい。

【0060】また、オリフィスプレートは、エネルギー発生素子に電気信号を供給するための開口が形成されているものであってもよい。

【0061】また、側断面が直線である直線部の長さは、オリフィスプレートの厚さの $1/10 \sim 1/2$ であってもよい。

【0062】また、撥インク層の撥インク面がオリフィスプレートの、インクが吐出される出口側の面であってもよい。

【0063】また、エネルギー発生素子は、インク吐出用の熱エネルギーを発生する電気熱変換体であってもよく、電気熱変換体によって印加される熱エネルギーにより、インクに生ずる膜沸騰を利用してオリフィスからなる吐出口よりインクを吐出させるものであってもよい。

【0064】本発明のインクジェット記録装置は、被記録媒体を搬送する搬送手段と、インクを吐出し、前記被記録媒体に記録を行う本発明のインクジェット記録ヘッドを保持し、かつ、前記被記録媒体の搬送方向に対して略直角方向に往復移動する保持手段とを有することを特徴とする。

【0065】上記の通り、本発明のインクジェット記録装置は、本発明のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたインクジェット記録ヘッドにより記録を行う。このため、非常に小さなインク滴が安定して吐出されることとなり、記録画像の画質を向上させることができる。

【0066】

【発明の実施の形態】図1(a)に本発明の一実施形態であるインクジェット記録ヘッドの斜視図、図1(b)に分解斜視図を、また、図2に、インクジェット記録素子の平面図をそれぞれ示す。

【0067】インクジェット記録ヘッド300は、電気熱変換素子100が設けられた記録素子基板70、およびインク流路81が形成されたインク流路形成部材80からなるインクジェット記録素子200と、吐出口3が形成されたオリフィスプレート1とを有する。

【0068】記録素子基板70の電気熱変換素子100は、各インク流路81に対応し、各吐出口3に対面するように設けられている。記録素子基板70に形成されている、電気熱変換素子100と、電気熱変換素子100に電力を供給するA1等の不図示の電気配線とは、成膜技術により形成されている。

【0069】インク流路81は、記録素子基板70上に、シランカップリング剤などで接合強度補助処理を行った後に、エポキシ感光剤をスピンコートし、次に、エポキシ系の感光性接着剤をスピンコートし、その後、ブリークし、所定のインク流路パターンを持ったマスク



で紫外線露光を行い、さらにメチルイソブチルケトンで現像処理し、さらに、硬化処理することで形成した。

【0070】オリフィスプレート1に形成された、吐出口3に連通する流路25の断面形状は、インクが流入する入口側18が開き、後述の直線部12に向かって窄まった曲線のノードル形状で形成される曲線部14と、曲線部14と滑らかに繋がり、インクの吐出される出口側18に向かって窄まった直線のテーパ形状からなる直線部12とからなる。

【0071】また、本実施形態のオリフィスプレート1には、吐出口3以外に電気信号接続用の開口孔20を有する。これは、以下の問題に対応するためである。

【0072】インクジェット記録ヘッド300を駆動させるには、外部からの駆動信号や電力を供給する手段をインクジェット記録ヘッド300に電気的に接合する必要がある。しかしながら、その接合領域は、インクジェット記録ヘッド300を構成する記録素子基板70のある規定された面に固定される。というのは、記録素子基板70はシリコン基板の上に形成された電気回路と電気熱変換素子100やその保護膜で形成されているので、これを使用するには大きな一枚のシリコンウェハから4面を切断して切り出すことで使用されることとなる。そうすると、シリコンウェハの内部を縦方向へ貫通して電気接点が形成されているわけではないので、電気接合領域は記録素子基板70の面上に形成せざるを得ない。そこで、電極20を形成するために、オリフィスプレート1に開口孔20を設けて、電極21を形成するようにした。

【0073】なお、オリフィスプレート1の形成方法に関しては後述する。

【0074】上述したようにして形成されたインクジェット記録素子200に対してオリフィスプレート1を位置決めし、そして、オリフィスプレート1をインクジェット記録素子200に熱プレス接合した。この際、接着剤はエポキシ系ポリマを用いた。

【0075】なお、インクジェット記録素子200とオリフィスプレート1との接合は、一括して製造された複数のオリフィスプレート1を個々のオリフィスプレート1として切り離す前に行うものであってもよいし、切り離した後に行うものであってもよい。

【0076】以上のような構成のインクジェット記録ヘッド300は、インク流路81を介して供給されたインクを電気熱変換素子100に、電気配線を介して電力を供給することで発熱させ、この発熱によりインクに気泡を発生させてインクを吐出口3から吐出させ、記録用紙等の被記録媒体に記録を行うものである。なお、インクを吐出させる際、電気熱変換素子100上に形成された気泡が吐出口3を介して大気に連通されるような構成であってよい。

【0077】次に、オリフィスプレートの形成手順を示

す図である図3およびフローチャートである図4を用いてオリフィスプレートの形成方法に関して説明する。

【0078】なお、図3において、第1の層10および第2の層11の厚さを $t_1$ 、 $t_2$ 、これら第1の層10および第2の層11の合計の厚さを $t_3$ 、形成されたオリフィスプレート1の厚さを $t_4$ 、吐出口3の出口側19の直径を $\phi_1$ 、入口側18の直径を $\phi_2$ 、直線部12の長さを $l$ とする。

【0079】まず、図3(a)に示すように、鉄、銅、ニッケル、あるいは錫等の金属基板9上に、エポキシ系の、露光光が照射された領域が除去されるポジ型の感光性樹脂をスピコートし(ステップ51)、プリベークすることで第1の層10を形成する(ステップ52)。

【0080】次に、図3(b)に示すように、第1の層10上に、再度エポキシ系のポジ型の感光性樹脂をスピコートし(ステップ53)、プリベークすることで第2の層11を形成する(ステップ54)。なお、第1の層10および第2の層11の熱膨張係数と、金属基板9の熱膨張係数とはほぼ同じである。

【0081】次に、図3(c)に示すように、吐出口3の直径の領域内のみ露光光を透過するマスク22にて紫外線露光を行う(ステップ55)。

【0082】次に、図3(d)に示すように、吐出口3の直径のマスクで周りに所定のグラデーション部25をもったグラデーションマスク23にてさらに紫外線露光を行う(ステップ56)。

【0083】ポジ型の感光性樹脂の場合、図5(a)に示すように、グラデーションマスク23のグラデーション部25は、オリフィスの最小径に対応するオリフィス出口径対応部26で露光光の透過率が最も高く、オリフィスの最大径に対応する部分に向かって徐々に透過率が低くなる、つまり、感光性樹脂の厚さ方向の露光量がオリフィスの最小径の部分からオリフィスの最大径の部分に向かって小さくなるようなグラデーションをもつグラデーションマスク23が用いられ、ネガ型の感光性樹脂の場合、これとは逆に、図5(b)に示すように、グラデーション部25は、オリフィスの最小径に対応するオリフィス出口径対応部26では露光光を透過せず、オリフィスの最大径に対応する部分に向かって徐々に透過率が高くなるようなグラデーションをもつグラデーションマスク23が用いられる。

【0084】このグラデーションマスク23の模式的な平面図である図6に示すように、オリフィス出口径対応部26の周辺のグラデーション部25に直径 $1\mu\text{m}\phi$ 以下の微小透過部27が複数形成されている。微小透過部27はオリフィス出口径対応部26に近づくほど密集しているため、例えば、ポジ型の場合、グラデーション部25は、オリフィス出口径対応部26に近づくほど露光光の透過率が高くなるような透過率分布をもつこととなる。

【0085】このグラデーションマスク26は、露光光線の波長以下のドットを形成することで、なだらかな露光減衰曲線を得て、オリフィスの断面をなだらかな曲線のノーダル形状に加工することができる。

【0086】このように、グラデーションの形成されていないマスク22で露光を行うことで直線部12を形成し、グラデーションの形成されたグラデーションマスク23で露光を行うこと、および、その露光時間や露光照度を変えることで曲線部14を形成する。

【0087】なお、上述した工程は、ステップ51～ステップ54で、まず、第1の層10および第2の層11を形成しておき、その後、ステップ55でマスク22による露光、続いて、ステップ56でグラデーションマスク23で露光を行うものとした。しかし、開口すべき吐出口3の直径によっては、ステップ52で、図7(a)に示すように、第1の層10をプリベークした後に、図7(b)に示すように、ステップ55の吐出口3の直径の領域内のみ露光光を透過するマスク22による露光を行うことで第1の露光部15を形成し、アフターベークを行った後、図7(c)に示すように、ステップ53、54で第2の層11を形成し、ステップ56で、図7(d)に示すように、グラデーションマスク23で露光を行うことで第2の露光部16を形成するものであってもよい。

【0088】次に、露光部を周知の手法で除去する(ステップ57)ことで、図3(e)あるいは図7(e)に示すような、金属基板9上に吐出口3の開いた状態のオリフィスプレート1が形成され、この状態のオリフィスプレート1をポストベーク装置に入れ、硬化処理を行う(ステップ58)。

【0089】次に、金属基板9を希塩酸、希硫酸、あるいはこれらの有機酸との混合物により溶解する(ステップ59)ことで、図3(f)あるいは図7(f)に示すようなオリフィスプレート1を得る。なお、金属基板9の溶解除去において、部分的に溶解阻止膜を形成し、格子状に金属基板9を残すことで、金属基板9をオリフィスプレート1の取り扱いのための保持基板とするものであってもよい。

【0090】また、第1の層10および第2の層11は、ポリイミドの感光性樹脂を用いて形成するものであってもよい。

【0091】また、第1の層10の表面5に撥インク性を持たせるため、金属基板9上に撥インク層を形成してから、その後に第1の層10を形成するものであってもよい。この撥インク層は、感光性樹脂に、例えば、ポリテトラフルオロエチレンの粉を懸濁混合して形成するものであってもよい。

【0092】さらに、第1の層10あるいは撥インク層の耐摩耗性を向上させるために、例えば、0.1 $\mu$ m以下の粒径の酸化チタン超微粒子をn-メチルピロリドン

に懸濁させ、この溶液に、テフロン(登録商標)粒子を脂肪酸系界面活性剤とともに懸濁させ、感光性樹脂の溶液と混合させて、第1の層10あるいは撥インク層を形成するものであってもよい。

【0093】また、インクジェット記録素子200に対して接着剤により接合される面である第2の層11の接合面7には、接合面積を増加させるために僅かな凹凸を形成するものであってもよい。

【0094】また、これらの混合複合形態でもよい。ただし、インクジェットのインクに悪影響を及ぼすものは回避することが望ましい。

【0095】なお、本実施形態では、感光性樹脂として、エポキシ系樹脂、ポリイミド系樹脂を用いるとしたが、これに限定されるものではなく、オリフィスプレート1に適した感光性樹脂であれば何でもよい。特に、高強度、強靱性、柔軟性、耐摩耗性、薬品安定性、耐熱性、加工容易性、寸法安定性などが満足されて、本発明の方法でオリフィスプレートが形成できるものであれば何でもよいものである。

【0096】また、本実施形態では、露光に際して紫外線を用いたが、フォトリソグラフィを行うことが可能なものであれば、可視光線、軟X線、電子線、レーザービーム光線であっても構わない。

【0097】また、吐出口3の入口側18の直径 $\phi_2$ が出口側19の直径 $\phi_1$ より1.5倍以上であってもよいし、吐出口3の入口側18の断面積が出口側19の断面積より2.25倍以上であってもよい。

【0098】さらに、出口側19の直径が10 $\mu$ m以下であってもよいし、また、入口側18の曲率半径が10 $\mu$ m以下であってもよいし、オリフィスプレート1の厚さ $t_4$ が20 $\mu$ m以下であってもよい。

【0099】また、直線部12の長さLがオリフィスプレート1の深さ、すなわち、厚さ $t_4$ に対して1/10～1/2の範囲内であってもよい。

【0100】以上説明したように、本実施形態のインクジェット記録ヘッドの製造方法によれば、以下の点で有利である。

【0101】すなわち、出口側19の直径 $\phi_1$ が10 $\mu$ m以下であっても、グラデーションの形成されたマスクで露光を行うことで曲線部14を形成できるとともに、グラデーションの形成されていないマスクで露光を併用することで直線部12を形成することができる。

【0102】また、吐出口3が形成される層を、熱膨張係数がほぼ同じである金属基板9上に、第1の層10および第2の層11と複数層で形成した。これにより、最終的に感光性樹脂の分子結合を形成させるために行われるキュアの際のキュア温度から室温に戻る段階での、基板に接触していない解放面6a側と、基板に仮接合されている仮接合面6b側(図3(c)参照)との熱収縮の度合いを略等しくすることができるため、形成さ

れたオリフィスプレート1のカール状の反りを低減させて略平坦なオリフィスプレート1を形成することができる。

【0103】また、吐出口3が形成される層を、シリコン基板ではなく、金属基板9上に形成したことで、基板の除去に要する時間を短縮することができる。すなわち、シリコン基板は、酸には不動態膜を形成し良好に溶解しない。また、シリコン基板は、HF（フッ酸）には溶けるが感光樹脂膜まで損傷をうけ、さらに、アルカリには溶解するがかなりの溶解時間を必要とし、60℃、5～10質量%程度のNaOHの強アルカリ液でも、40時間程度必要となる。これに対し、本実施形態の場合、鉄や銅ニッケル、錫などの酸に溶解しやすい金属基板9は、希塩酸、希硫酸、あるいは、これらの有機酸との混合酸により、室温付近でわずか4時間程度で基板を溶解除去することが可能となる。また、シリコン基板は高価であるが、これらの一般金属板は廉価であり、経済的にも有利である。

【0104】さらに、本実施形態の場合、格子状に金属基板9を残すように金属基板9を溶解除去することで、この格子状の金属基板9をオリフィスプレート1の取り扱いのための保持基板とすることができ、よって、取り扱い時のオリフィスプレート1の剛性を高めることができる。すなわち、格子状の金属基板9によって剛性の高められた基板は、吸着や吸引で保持して取り扱うことができ、インクジェット記録素子200と良好な接合を行うことができる。特に、ニッケルや鉄板の金属基板9は磁気に反応するため磁気吸着搬送が可能であり、取り扱いを非常に簡便にすることができる。

【0105】また、第2の層11の接合面7に僅かな凹凸を形成することで、インクジェット記録素子200に対する接合特性を向上させることができる。この凹凸は、深さが1μm以下であってもよい。

【0106】また、オリフィスプレート1に開口孔20を設けて、電極21を形成するようにすることで、インクジェット記録ヘッド300を駆動させるための駆動信号や電力を供給する手段をインクジェット記録ヘッド300に電気的に接合することができる。

【0107】さらに、テトラエトキシチタンをn-メチルピロリドンに溶解し、この溶液に、テフロン粒子を脂肪酸系界面活性剤とともに懸濁させ、感光性樹脂の溶液と混合させて、第1の層10あるいは撥インク層を形成することで紙粉などに対する耐摩耗性を向上させることができる。

【0108】次に、上述のようにして形成されたオリフィスプレート1と、インクジェット記録素子200とを接合することで形成されたインクジェット記録ヘッド300を複数個用いて製作された、カラーインクジェット記録ヘッドを搭載可能なインクジェット記録装置の一例の斜視図を図8に示す。

【0109】本体シャーシ1012にはガイドシャフト1009が取付けられ、キャリッジ1008は、矢印B”方向に摺動自在にガイドシャフト1009に支持されている。このキャリッジ1008は、キャリッジモータ1011にベルトを介して結合された駆動プーリ1013と、アイドラプーリ1014との間に張設されたタイミングベルト1010にキャリッジ1008の一部が固定されており、キャリッジモータ1011の回転に応じガイドシャフト1009に沿って矢印B”方向に往復移動可能である。

【0110】キャリッジ1008に着脱可能に搭載された記録ヘッドカートリッジ1017は、BK（ブラック）、Y（黄色）、M（マゼンタ）、C（シアン）を吐出する4つのインクジェット記録ヘッド300からなるカラーインクジェット記録ヘッド301を有している。また、記録ヘッドカートリッジ1017は、各インクジェット記録ヘッドに供給するための、BK、Y、M、Cの各インクを内部に収納するインクタンク1015を着脱可能に保持する。なお、各インクジェット記録ヘッド300の吐出口3は図示下向きに形成されている。

【0111】記録ヘッドカートリッジ1017は、この記録ヘッドカートリッジ1017を駆動するための電流や信号を送受信するフレキシブルケーブル1002を介して、本体シャーシ1012の背面に取り付けられている、記録装置本体を制御する基板である不図示のコントロール基板に電気的に接続されている。

【0112】不図示の記録用紙搬送モータによって駆動される不図示の搬送ローラは、矢印A”で示す副走査方向に記録用紙1004を搬送する。

【0113】記録領域まで搬送された記録用紙1004に対して、インクタンク1015から供給されたインクが各インクジェット記録ヘッドの吐出口3より吐出されることで記録が行われる。

【0114】以上、本実施形態で説明に用いた数値、あるいは材料等は、一例であり、これらに限定されるものではない。

【0115】

【実施例】以下に、本発明の実施形態の実施例を示すが、本発明はこれらによって何ら限定されるものでもない。

【0116】なお、説明に用いる図面および符号は、上述の実施形態で用いた図面および符号を用いる。

（第1の実施例）本実施例では、吐出口3の出口側19の直径φ<sub>1</sub>が、8μmおよび4μmのオリフィスプレート1を作製した。

【0117】まず、吐出口3の出口側19の直径φ<sub>1</sub>が8μmの場合のオリフィスプレート1の製造方法に関して説明する。

【0118】アモルファス鉄板からなる金属基板9上に、エポキシ系のボジ型の感光性樹脂を350rpm、

40秒間、厚さ $t_1 \approx 11 \mu\text{m}$ でスピンコートし、80℃で5分間プリベークし、図3(a)に示すように第1の層10を形成した後に、図3(b)に示すように、再度エポキシ系のポジ型の感光性樹脂を300rpm、30秒間、厚さ $t_2 \approx 12 \mu\text{m}$ でスピンコートし、80℃で5分間プリベークすることで第2の層11を形成した。

【0119】次に、図3(c)に示すように、直径8 $\mu\text{m}$ の領域内のみ露光光を透過するマスク22にて2J/cm<sup>2</sup>で紫外線露光を行い、その後、図3(d)に示すように、直径が8 $\mu\text{m}$ のオリフィス出口径対応部26の周りに直径1 $\mu\text{m}$ 以下の複数の微小透過部27が形成されたグラデーション部25をもつグラデーションマスク23にて3J/cm<sup>2</sup>で紫外線露光を行った。

【0120】その後、メチルイソブチルケトンにて、露光部を除去した。このようにすることで、図3(e)に示すように、金属基板9上に吐出口3の開いた状態の基板が形成された。

【0121】次に、この基板をポストベーク装置に入れ、180℃で30分の硬化処理を行った。

【0122】この結果、吐出口3の入口側18の直径 $\phi_2$ が約20 $\mu\text{m}$ で、断面形状において入口付近がなだらかなノードル形状の曲線部14を形成することができ、かつ、出口側19の直径 $\phi_1$ が8 $\mu\text{m}$ で、出口付近が直線形状の、曲線部14に滑らかに繋がる直線部12を形成することができた。

【0123】その後、この基板を15%塩酸溶液にて50℃で金属基板9の除去を行った。

【0124】ところで、鉄板は表面の鏡面度合いが最大高さRmaxで0.3 $\mu\text{m}$ 以下のものは厚さ0.15mmのものが一般的に市販されているものの中で、最も薄いものである。

【0125】しかしながら、これでは、湿式エッチングなどにより保持基板を除去するのに時間がかかる。そこで本実施例では、エッチングに用いる基板をアモルファス鉄板にして検討を行った。このアモルファス鉄板は厚さが約40 $\mu\text{m}$ であり、磁界に反応するものである。上述の紫外線硬化型の樹脂スピンコートは、電磁吸着板にこのアモルファス鉄板の円盤基板を吸着固定して行った。

【0126】この薄く可撓性に富むアモルファス鉄板からなる金属基板9を、電磁吸着保持台の切り替えにより、吸着と脱離を電氣的に繰り返しながら、スピンコートとプリベーク、露光、現像、ポストベーク、エッチングの工程を経由して、良好にインクの入口側18が曲線状で出口側19が直線を成す吐出口3を持つオリフィスプレート1を製作することが可能となった。なお、ポストベークにおいては、磁氣的に吸着力を無くす領域にあるために、部分的に開口部のある固定台に挟み込み式で固定し、180℃の温度でポストベークを行った。

【0127】金属基板9の厚さが約40 $\mu\text{m}$ と薄いため、そのエッチングによる除去速度は速く、約1時間で、良好に部分エッチングを行うことが可能となった。

【0128】このように、磁氣的に固定できる基板を用いたことで、40 $\mu\text{m}$ という薄いアモルファス鉄板を用いても、良好にオフィスプレート1の担持と移動取り扱いを行うことができた。

【0129】以上のようにして、図3(f)に示すように、所定の約14 $\mu\text{m}$ の厚さのオリフィスプレート1を作製した。

【0130】金属基板9上に2回のスピンコートで形成した本実施例のオリフィスプレート1は、反りはほとんど無く、良好な状態であった。

【0131】次に、吐出口3の出口側19の直径 $\phi_1$ が4 $\mu\text{m}$ の場合のオリフィスプレート1の製造方法に関して説明する。

【0132】まず、図7(a)に示すように金属基板9上にエポキシ系の光感光性樹脂を8 $\mu\text{m}$ の厚さでスピンコートし、80℃で3分間プリベークした後に、図7(b)に示すように、露光面で直径4 $\mu\text{m}$ の領域内のみ露光光を透過するマスク22にて、第1の露光部15を形成すべく5J/cm<sup>2</sup>で紫外線露光を行った。その後、80℃で2分間のアフターベークを行った。

【0133】次に、図7(c)に示すように、再度上記のエポキシ系の感光性樹脂10を8 $\mu\text{m}$ の厚さでスピンコートし同様に、80℃で3分間プリベークした。その後、位置合わせを十分に行い、図7(d)に示すように、直径が4.5 $\mu\text{m}$ のオリフィス出口径対応部26の周りにグラデーション部25が形成されるように構成されたグラデーションマスク23にて5J/cm<sup>2</sup>で紫外線露光を行った。

【0134】次に、メチルイソブチルケトンにて、第1の露光部15および第2の露光部16を除去した。このようにすることで、図7(e)に示すように、金属基板9上に、吐出口3の開いた状態の基板が形成された。

【0135】次に、この基板を熱処置ポストベーク装置に入れ、180℃、30分間の条件で硬化処理を行った。その後これを20%塩酸溶液で30℃の温度にてエッチング除去処理を行った。

【0136】以上により、図7(f)に示すように、吐出口3の入口側18の直径 $\phi_2$ が約16 $\mu\text{m}$ 程度、断面形状において入口付近がなだらかな曲線部14と、出口側19の直径 $\phi_1$ が4 $\mu\text{m}$ で、出口付近が直線の形状の直線部12とが形成された吐出口3を有するオリフィスプレート1を作製することができた。

【0137】なお、ここで用いたエポキシ感光樹脂は、旭電化社のアデカオプトマーKS-820である。このアデカオプトマーKS-820は、主剤と感光触媒剤とから形成されているので、これを所定の配合比で混合することで一定の硬化速度、感光速度の紫外線感光樹脂が

得られるものである。

【0138】このような硬化速度、感光速度を調整可能な光感光性樹脂を用い、ポリアミドイミドやポリサルフォン、ポリフェニレンサルファイドなどの材料を用いることで、本実施例のような、曲線部14と直線部12を有する出口側19の直径 $\phi_1$ が8 $\mu\text{m}$ 以下の吐出口3を形成することができる。

【0139】次に、インクジェット記録ヘッド300の製造方法に関して説明する。

【0140】インクジェット記録ヘッド300は、電気熱変換素子100が設けられた記録素子基板70、およびインク流路81が形成されたインク流路形成部材80からなるインクジェット記録素子200と、吐出口3が形成されたオリフィスプレート1とを有する。

【0141】記録素子基板70の電気熱変換素子100は、各インク流路81に対応し、各吐出口3に対面するように設けられている。記録素子基板70に形成されている、電気熱変換素子100と、電気熱変換素子100に電力を供給するA1等の不図示の電気配線とは、成膜技術により形成されている。

【0142】インク流路81は、記録素子基板70上に、シランカップリング剤などで接合強度補助処理を行った後に、エポキシ感光剤を16 $\mu\text{m}$ スピンコートし、次に、厚さ1.5 $\mu\text{m}$ でエポキシ系の感光性接着剤をスピンコートし、その後、プリベークし、所定のインク流路パターンを持ったマスクで紫外線露光を行い、さらにメチルイソブチルケトンで現像処理を行い、180℃にて30分間硬化処理することで形成した。

【0143】次に、オリフィスプレート1を、このパターンの形成されたインクジェット記録素子200に対して位置決めした後、オリフィスプレート1をインクジェット記録素子200に熱プレス接合した。熱プレス接合の条件は、200℃、196kPa、30秒で行った。接着剤は総研化学製のエポキシ系ポリマを用いた。

【0144】このようにして作製したインクジェット記録ヘッド300を図8に示すインクジェット記録装置に搭載し、インクジェット吐出を行った。

【0145】その結果、15KHzの吐出周波数にて、 $\phi_1=8\mu\text{m}$ の吐出口3を持つインクジェット記録ヘッド300は100万回での平均インクジェット吐出量が約3.5plであった。また、 $\phi_1=4\mu\text{m}$ の吐出口3を持つインクジェット記録ヘッド300は同様な条件で平均インクジェット吐出量が約1plであった。ただし、インクジェット記録素子200に設けられた電気熱変換素子100の形状は、吐出口3の入口側18の直径 $\phi_2$ の大きさに合わせて変更している。

【0146】なお、 $\phi_1=4\mu\text{m}$ のものに $\phi_1=8\mu\text{m}$ 用の電気熱変換素子100を用いれば、吐出口3の大きさによる流抵抗で吐出インクの量はかなり減少するものの、安定したインクジェット吐出は可能であった。

【0147】一方、 $\phi_1=4\mu\text{m}$ 用の電気熱変換素子100は、 $\phi_1=8\mu\text{m}$ 用としては発泡体積が小さく、インクジェット吐出を行うことは不可能であった。

【0148】以上、従来のインクジェット吐出ヘッドでは、3plや1plなどのインクジェット液滴を良好に吐出することは困難であったが、本実施例のインクジェット記録ヘッド300を搭載するインクジェット記録装置では、良好なカラー画像の形成が可能であることが確認された。

10 (第2の実施例)オリフィスプレート1の表面5は通常フェイス面と呼ばれているが、その面は撥インク性の面であることが望ましい。この厚さは特に寸法的には重要ではないが、この撥インク性の面が消耗しないことが望まれ、約1 $\mu\text{m}$ 以下程度の厚さに形成されている。

【0149】ただし、この撥インク性の部分が、不均一に吐出口3の内部にだれ込むことは、インクの吐出方向のバラツキとなり好ましいものではない。従って、層状に堆積形成したり、塗布形成するのが一般的である。

20 【0150】そこで、本実施例では、銅からなる金属基板9上に、エポキシ感光樹脂の主剤の内部に粒径0.1 $\mu\text{m}$ のポリテトラフルオロエチレンの粉を8重量%懸濁混合し、これをスピンコートで厚さ0.8 $\mu\text{m}$ 程度形成した。次に、この上に、エポキシ感光樹脂をスピンコートして、 $t_3=23\mu\text{m}$ の厚さの第1の層10および第2の層11を形成し、オリフィスプレート1を形成した。

【0151】このオリフィスプレート1のフェイス面である表面5側にインクを垂らすとインクは液滴となり、オリフィスプレート1を15度以上傾けると、完全に落下し、オリフィスプレート1の面5に付着することはない。このようにして、オリフィスプレート1のフェイス面5が撥インク性であることが確認された。

30 【0152】また、この撥インク層を有するオリフィスプレート1の直線部12の長さLは約5 $\mu\text{m}$ であり、曲線部14の入口側18の直径 $\phi_2$ は約20 $\mu\text{m}$ であり、オリフィスプレート1の厚さは約14.3 $\mu\text{m}$ であった。

【0153】吐出口3の出口側19の直径 $\phi_1$ は、ほとんど変化が無く約8 $\mu\text{m}$ であった。

40 【0154】従って、吐出口3の出口側19の直径 $\phi_1$ の大きさに対して入口側18の直径 $\phi_2$ は、約250%であり、また、オリフィスプレート1の厚さ $t_4$ に対する直線部12の長さLの比 $L/t_4$ は約0.3~0.4の範囲内であった。

【0155】グラデーションマスク23のパターンと露光の条件を変えて行った結果、 $0.2 \leq L/t_4 \leq 0.8$ の場合に良好なインクジェット液滴の着弾精度を得られることが明らかとなった。

50 (第3の実施例)第1の実施例では、第1の層10および第2の層11をエポキシ系の感光性樹脂により作製し

たが、本実施例では、これら各層をポリイミドの感光性樹脂を用いて作製した。

【0156】以下に、本実施例における各層の形成工程を説明する。

【0157】まず、図3(a)に示すように、金属基板9上に、ポリイミドのボジ型の感光性樹脂を500rpm、60秒間、厚さ $t_1 \approx 15 \mu\text{m}$ でスピンコートし、85℃で15分間プリベークし、第1の層10を形成した後に、図3(b)に示すように、再度ポリイミドのボジ型の感光性樹脂を500rpm、60秒間、厚さ $t_2 \approx 15 \mu\text{m}$ でスピンコートし、80℃で20分間プリベークすることで第2の層11を形成した。

【0158】次に、図3(c)に示すように、直径8μmの領域内のみ露光光を透過するマスク22にて2J/cm<sup>2</sup>で紫外線露光を行い、その後、図3(d)に示すように、直径が8μmのオリフィス出口径対応部26の周りに直径1μm以下の複数の微小透過部27が形成されたグラデーション部25をもつグラデーションマスク23にて3J/cm<sup>2</sup>で紫外線露光を行った。

【0159】その後、水酸化テトラメチルアンモニウム溶液にて、露光部を25℃で1分間浸漬し、現像除去した。

【0160】次に、リンス処理として酢酸1%水溶液に30秒間浸漬し、次に純水水溶液で洗浄し、その後、65℃の温度で60分間水分を乾燥除去することで、図3(e)に示すように、金属基板9上に吐出口3の開いた状態の基板を形成した。

【0161】次に、この基板をポストベーク装置に入れ、170℃、260℃、330℃で各30分の硬化処理を行った。

【0162】この結果、吐出口3の入口側18の直径 $\phi_2$ が約20μmで、断面形状において入口付近がなだらかな曲線部14を形成することができ、かつ、出口側19の直径 $\phi_1$ が8μmで、出口付近が直線の形状の直線部12を形成することができた。

【0163】その後、この基板を15%塩酸溶液にて50℃で金属基板9の除去を行った。

【0164】このようにして、図3(f)に示すように、所定の約15μmの厚さのオリフィスプレート1を作製した。

【0165】金属基板9上に2回のスピンコートで形成した本実施例のオリフィスプレート1は、反りはほとんど無く、良好な状態であった。

【0166】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、グラデーションマスクを用いて感光性樹脂によりオリフィスプレートを製造するため、出口側の直径が10μm以下においても、インクの入口側が曲線のオリフィスを形成することができる。そのために、インクジェットの出が非常に小さな小液滴においても、その吐出方向が安定し

ており、バラツキが少なく、インクジェット液滴の着弾精度を向上させることが可能である。このことにより、インクジェットの液滴が微少な液滴においても、高品位のカラー画像を形成することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態であるインクジェット記録ヘッドの斜視図および分解斜視図である。

【図2】図1に示したインクジェット記録素子の平面図である。

【図3】本発明のインクジェット記録ヘッドのオリフィスプレートを形成する手順を説明する図である。

【図4】本発明のインクジェット記録ヘッドのオリフィスプレートを形成する手順を説明するフローチャートである。

【図5】グラデーションマスクのグラデーション部における露光光の透過率を模式的に説明する図である。

【図6】グラデーションマスクの模式的な平面図である。

【図7】本発明のインクジェット記録ヘッドのオリフィスプレートを形成する別の手順を説明する図である。

【図8】本発明のインクジェット記録ヘッドを複数個用いることで製作されたカラーインクジェット記録ヘッドを搭載可能なインクジェット記録装置の一例の斜視図である。

【図9】吐出口の壁面に直線部と曲線部を有する、従来のインクジェット記録ヘッドの一例の模式的な一部断面図である。

【符号の説明】

1 オリフィスプレート

3 吐出口

5 表面

6 a 解放面

6 b 仮接合面

9 金属基板

10、110 第1の層

11、111 第2の層

12 直線部

14 曲線部

15 第1の露光部

16 第2の露光部

18 入口側

19 出口側

20 開口孔

21 電極

22 第1のマスク

23 第2のマスク

24 露光光

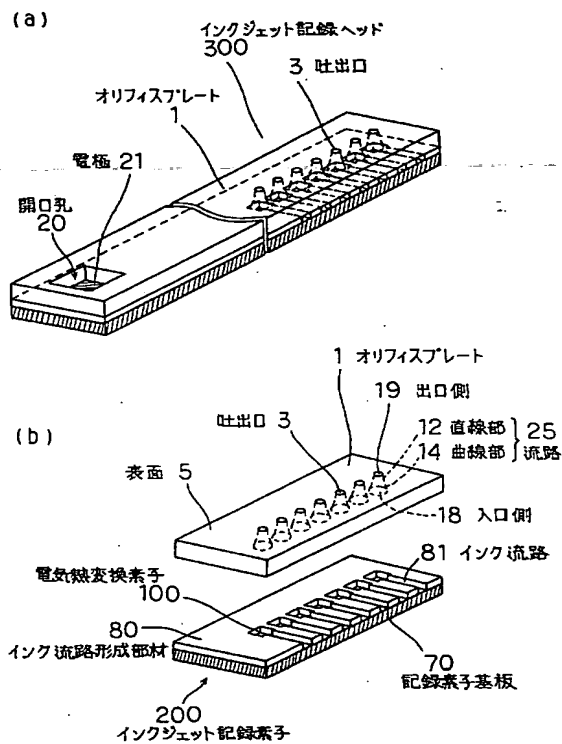
25 グラデーション部

26 オリフィス出口径対応部

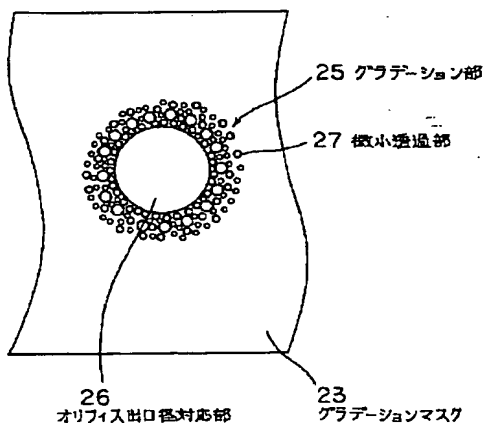
27 微小透過部

- 27
- 70 記録素子基板
  - 80 インク流路形成部材
  - 81 インク流路
  - 100 電気熱変換素子
  - 200 インクジェット記録素子
  - 300 インクジェット記録ヘッド
  - 301 カラーインクジェット記録ヘッド
  - 1002 フレキシブルケーブル
  - 1004 記録用紙

【図1】

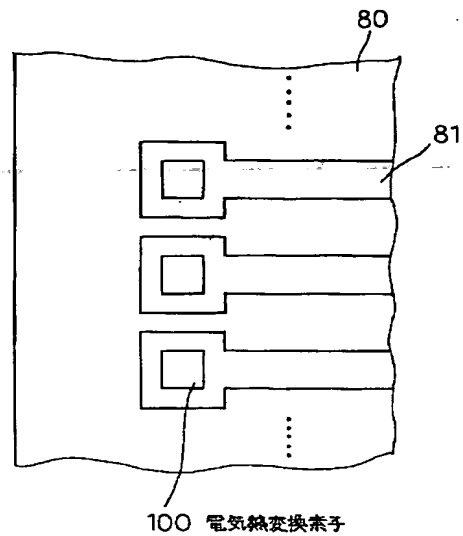


【図6】

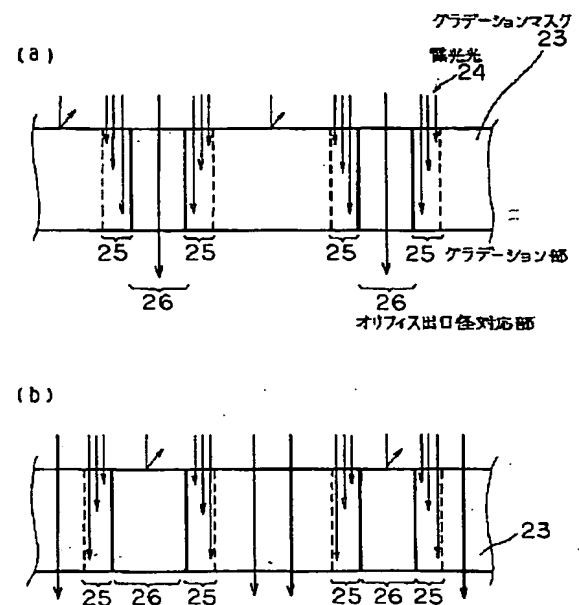


- 1008 キャリッジ
- 1009 ガイドシャフト
- 1010 タイミングベルト
- 1011 キャリッジモータ
- 1012 本体シャーシ
- 1013 駆動プーリ
- 1014 アイドラプーリ
- 1015 インクタンク
- 1017 記録ヘッドカートリッジ

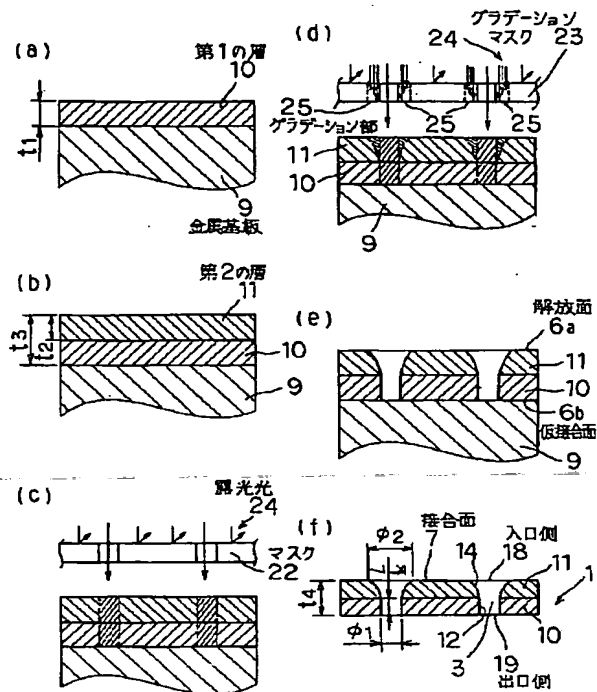
【図2】



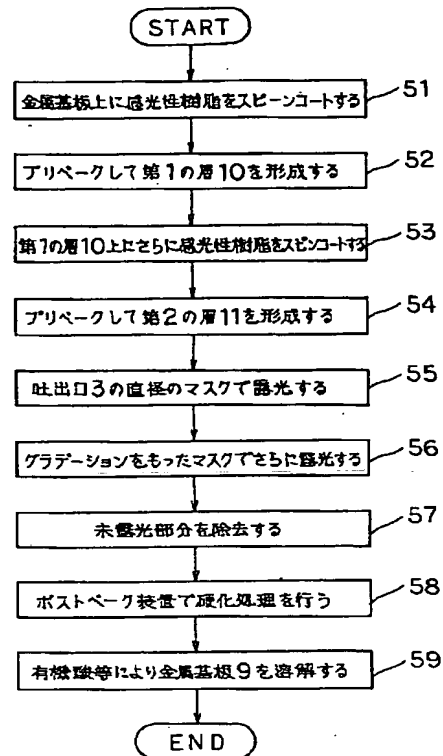
【図5】



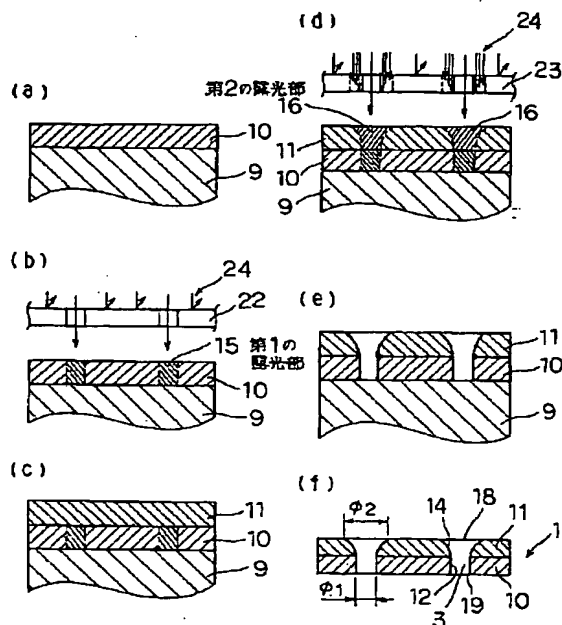
【図3】



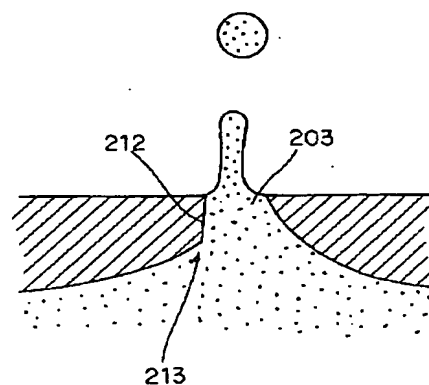
【図4】



【図7】



【図9】





【図8】

